

PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y MICROMORFOLOGÍA DE SUELOS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO MARAZZI 2, ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO, CHILE

Ivana Laura OZÁN¹ y María Julia ORGEIRA

¹ Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

³ Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires

⁴ Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

E-mail: ivanalozan@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es investigar el origen de la señal magnética (natural y/o antrópica) y su vinculación con la micromorfología de suelos, en dos perfiles del sitio arqueológico Marazzi 2, perteneciente al Holoceno tardío, ubicado en el noroeste de la Isla Grande de Tierra del Fuego (Chile). Los resultados muestran que el perfil P1 presenta un pico de la señal magnética (presencia de magnetita y/o titanomagnetita) entre los 30 - 70 cm, que coincide con un horizonte Ab y ABb en el que se registra una actividad antrópica intensa que incluye combustión. Se establece que el enriquecimiento de la señal magnética es mayormente por causas antropogénicas. Del perfil P2 se destaca un pico de coercitividad de la remanencia entre los 20 y 40 cm (presencia de hematita) que coincide con escasos componentes antropogénicos y un horizonte AB de suelo. El registro de “pigmentos rojos” (de origen cultural) en una excavación arqueológica aledaña plantea la posibilidad de que éstos sean total o parcialmente los responsables del incremento de dicho parámetro. Finalmente se plantea que la micromorfología de suelos ofrece un gran potencial para discriminar y explicar los procesos que afectan a las propiedades magnéticas.

Palabras clave: *Parámetro magnéticos, micromorfología de suelos, pedogénesis, combustión antrópica, cazadores recolectores*

ABSTRACT

Magnetic properties and soil micromorphology in the archaeological site Marazzi 2, Isla Grande de Tierra del Fuego, Chile

The aim of the present work is to get an insight into the origin of the magnetic signature (natural and/or anthropogenic) of archaeological deposits and its relation to soil micromorphology. For this purpose, two profiles were sampled from the Late Holocene archaeological site Marazzi 2, located in northwestern Isla Grande de Tierra del Fuego (Chile). The P1 profile shows a magnetic signature peak (due to magnetite and/or titanomagnetite) between 30 - 70 cm depth, which coincides with Ab and ABb soil horizons for which intense anthropic activity (including combustion) was recorded. It is states that the anthropogenic activity is the main cause of that enrichment. The P2 profile exhibits a peak in the coercivity of remanence parameter between 20 - 40 cm depth (due to hematite) which coincides with few anthropogenic components and an AB soil horizon. The record of “red pigments” (carried by past-human populations) in a surrounded excavation could explain the increment of this parameter. The study highlights that soil micromorphology can help in the understanding of the processes that affect the magnetic properties of soils and paleosols.

Keywords: *Magnetic parameters, soil micromorphology, pedogenesis, anthropogenic combustion, hunter-gatherers*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se propone investigar la señal magnética (natural y/o antrópica) en relación a las características micromorfológicas de dos perfiles de suelo ubicados en contextos arqueológicos pertenecientes al Holoceno tardío, sitio Marazzi 2 (MA2), en el noroeste de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Chile (Fig. 1). El análisis de propiedades magnéticas en

contextos arqueológicos locales ya ha sido llevado a cabo en el noreste de la Isla (Orgeira *et al.* 2000) (Fig. 1), mostrando un gran potencial para explicar una serie de procesos edafológicos. Sin embargo, las propiedades magnéticas no han sido sensibles para detectar un incremento de la señal (de haber existido) como consecuencia de las actividades humanas tal como lo proponen, entre otros, Dalan y Banerjee (1998). Orgeira *et al.* (2000), plantearon la

necesidad de profundizar la caracterización edafológica y estudiar la posible impronta antrópica en contextos prehistóricos con mayor intensidad de ocupación humana. En este sentido, el presente análisis constituye una continuidad de aquel trabajo iniciado hace más de una década. La micromorfología de suelos (que ofrece la resolución adecuada para discriminar procesos antropogénicos de aquellos naturales) y el contexto arqueológico del

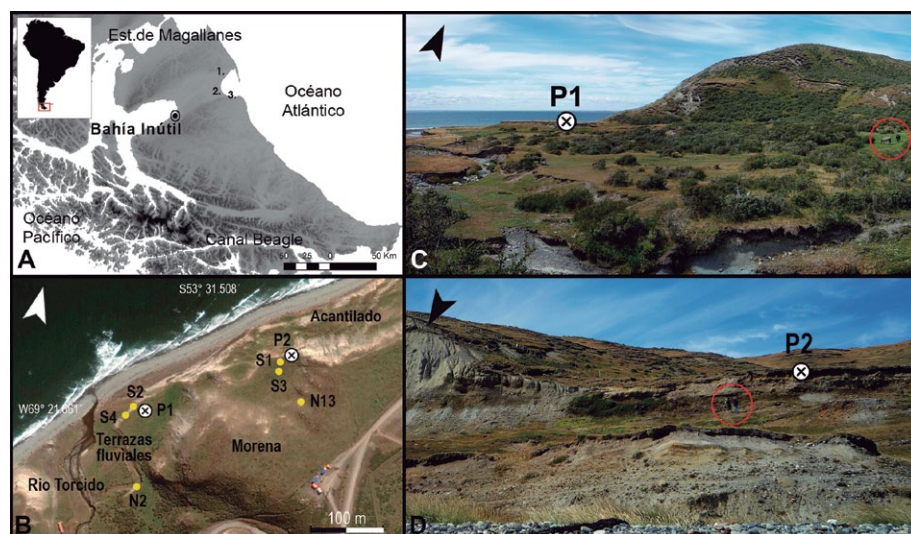


Figura 1: a) Ubicación de Marazzi 2 (S53° 31.508' W69° 21.661'). Los puntos 1, 2 y 3 indican los sitios arqueológicos Las Mandíbulas 1, Cabeza de León 4 y San Genaro 2, respectivamente, tratados en Orgeira *et al.* (2000); b) Imagen satelital con la ubicación de los perfiles estudiados y los sondeos mencionados en el cuadro 3; c) Vista de la terraza fluvial donde se encuentra P1 (el círculo destaca la presencia de dos caballos como referencia de escala); d) Vista del acantilado activo donde se encuentra P2 (el círculo destaca la presencia de personas como referencia de escala).

CUADRO 1: Dataciones radiocarbónicas arqueológicas del sitio Marazzi 2 y el evento volcánico regional asociado a la erupción del Monte Burney.

Datación	Código de laboratorio	Calibración (1 sigma AP / SHcal13)	Ubicación	Cita
910±70 AP	Ua21185 (óseo)	ca. 785±70	Excavación a unos 15 m de P2 (30-40 cm de profundidad).	Morello <i>et al.</i> (1998)
1965±40 AP	Beta113690 (óseo)	ca. 1870±60	Excavación a unos 150 m de P1 (80-90 cm de profundidad).	Morello <i>et al.</i> (2004)
2745±40 AP	Ua21140 (carbón)	ca. 2800±40	En P1 (140-150 cm de profundidad).	Morello <i>et al.</i> (2004)
3860±50 AP	No informa	ca. 4220±95	Erupción Monte Burney.	McCulloch y Davies (2001) y McCulloch <i>et al.</i> (2005b)

Las calibraciones fueron realizadas con *OxCal* 4.2 (Bronk Ramsey 2009). El evento volcánico marcaría el límite cronológico máximo de las ocupaciones humanas, mientras que el material histórico (vidrio europeo, entre ca. XVII-XIX) asociado a los depósitos culturales de cazadores-recolectores marcaría el límite temporal más joven.

sitio Marazzi 2 (único en toda la región) ofrecen un escenario propicio para retomar las discusiones planteadas.

EL ÁREA DE ESTUDIO

La arqueología de la estepa septentrional de Tierra del Fuego muestra la presencia de grupos cazadores-recolectores terrestres especializados en el consumo de *Lama guanicoe*, hace ca. 10.500 AP, cuando la Isla aún formaba parte de Patagonia continental (Massone 2004, McCulloch *et al.* 2005a). Sin embargo, a pesar

de la presencia de poblaciones pertenecientes al Holoceno temprano, las ocupaciones humanas parecen haber sido escasas y discontinuas hasta el ca. 4.000 AP. Luego, el registro arqueológico muestra su mayor distribución espacial y cantidad de ocupaciones en los últimos 2.000 años (Borrero 2008, Morello *et al.* 2012). El sitio Marazzi 2 ha sido descrito como una serie de ocupaciones costeras de cazadores recolectores terrestres, de carácter breve pero reiterado a través del Holoceno tardío (últimos 3.000 años, Massone *et al.* 2003, Morello *et al.* 2004, 2009; Cuadro

1). Estudios microestratigráficos muestran que esta serie de ocupaciones no sólo tuvieron lugar en escenarios ambientales (y posiblemente climáticos) distintos, sino que además pudieron haber tenido objetivos diferentes, en términos de subsistencia, por parte de las poblaciones humanas. La existencia de depósitos arqueológicos de una potencia de más de un metro constituye un rasgo sobresaliente del sitio Marazzi 2, en relación con el resto de los sitios contemporáneos de la región. El sitio Marazzi 2 se ubica en la costa suroeste de Bahía Inútil (Estrecho de Magallanes), en una estepa semiárida fría, con valores de precipitación de unos 300 mm anuales y una temperatura media anual de aproximadamente 6°C. Este sector presenta una gran influencia de los vientos del cuadrante oeste que alcanzan una velocidad promedio de 40 km/h, siendo más intensos en los meses de verano. Bajo estas condiciones climáticas, los suelos son poco desarrollados (Frederiksen 1988) con un perfil de tipo A-AC-C, donde el horizonte superficial es rico en materia orgánica y de un espesor aproximado de 20 cm (o mayor dependiendo de la tasa de aporte coluvial y/o eólico; Fig. 2). Estas propiedades permiten clasificarlo dentro del orden de los Molisoles (Favier Dubois 2007, Soil Survey Staff 2010). En algunas ocasiones, este perfil A-AC-C (Fig. 2a) se encuentra enterrado debajo de un suelo con un perfil A-C, cuyo espesor varía de 10 a 25 cm y no presenta características mólicas definidas (Fig. 2). Secuencias similares (A-C-Ab-ACb-C; Fig 2b) también han sido registradas en el noreste de la Isla (Arroyo-Kalin *et al.* 2007), donde se les ha asignado una cronología en torno a los 1.000 AP para el perfil de Molisol (Favier Dubois 2007). Reevaluaciones posteriores bajaron las determinaciones a ca. 600 AP (Barberena y Borrero 2010). El material arqueológico se distribuye diferencialmente a lo largo de cientos de metros que abarcan sectores de terrazas y laderas fluviales del río Torcido, taludes de morenas terminales y terrazas fluvio-glaciares (Fig. 1b). Los depósitos glaciares finipleistocénicos fueron retrabajado por procesos fluviomarinos, fundamen-

talmente vinculados a la transgresión marina del Holoceno medio (ca. 6.000 AP; McCulloch y Bentley 1998). Las geoformas fluviales actuales (Fig. 3c) se habrían establecido tal como las conocemos hoy hace aproximadamente 4.000 años (Brambati 2000).

Para el presente trabajo se seleccionaron dos perfiles: P1 y P2 (Fig. 1b). El primero pertenece a una unidad de excavación arqueológica de 1,5 m de profundidad (aunque aquí se describe hasta los 1,30 m), localizada en una terraza fluvial alta (Fig. 1c). Esta unidad se caracteriza por abundante material antrópico (restos óseos, valvas de molusco, material lítico, pigmentos y carbones) en una secuencia de ocupación humana prácticamente continua (Morello *et al.* 2004, Arroyo-Kalin *et al.* 2007, Massone *et al.* 2007). Como se observa en la imagen del perfil en la figura 4, este grado de antropización ha provocado que el perfil de suelo registrado en áreas aledañas (Fig. 2) no sea distinguible a nivel macroscópico. La base de este depósito ha sido datada en ca. 2.800 cal. AP (Morello *et al.* 2004). A unas decenas de metros hacia el este de esta unidad, se dató en otra excavación material arqueológico (a 80/90 cm de profundidad) en ca. 1.900 cal. AP, mientras que la presencia de un fragmento de vidrio europeo indica que el sitio Marazzi 2 estuvo ocupado hasta momentos post-contacto hispano-indígena (Morello *et al.* 2004; Cuadro 1). Vale destacar que hacia la base de P1 aflora la capa freática (Morello *et al.* 2004, Massone *et al.* 2007) que podría presentar ciertas oscilaciones estacionales o ascenso de humedad por capilaridad. En efecto, es posible que en a esta profundidad exista una conservación diferencial del material antropogénico (Stein 1992) y una influencia sobre las características magnéticas y micromorfológicas más profundas.

Por otro lado, P2 es un perfil expuesto de un acantilado activo que se encuentra afectado por procesos de deslizamientos rotacionales (Morello *et al.* 1998, 2009) (Fig. 3d). Este perfil presenta un espesor de 2,70 m (aunque sólo se analizó hasta los 1,30 m). A diferencia de P1, aquí sólo



Figura 2: a) Perfil A-AC-C sin sepultar del área de Marazzi 2 (escala de 50 cm); b) Perfil de suelo A-C-Ab-ACb-C del área de Marazzi 2 (escala de 30 cm).

lo aflora escaso material arqueológico entre 10-65 cm del perfil (Fig. 3, P2). En una unidad de excavación realizada a 10–15 metros al sur de P2, se obtuvo una datación (a 30-40 cm de profundidad) de ca. 790 cal. AP (Morello *et al.* 1998). Otro control cronológico en P2 lo ofrece la concentración de trizas de vidrio volcánico a unos 75 cm de profundidad (Fig. 4, Cuadro 2). Este hecho posiblemente se corresponda, de acuerdo a la información regional (McCulloch y Davies 2001, McCulloch *et al.* 2005b, Stern 2007), con el último evento volcánico del Monte Burney, hace aproximadamente 4.200 cal. AP. Si esta interpretación es correcta, el material arqueológico suprayacente que llega hasta los 75 cm de profundidad (Morello *et al.* 1998) estaría limitado cronológicamente por aquella edad máxima (cuadro 1).

METODOLOGÍA

En el perfil P1 se tomaron nueve muestras de suelo a intervalos de 10 cm y seis muestras no disturbadas para análisis micromorfológicos (Fig. 3, 4). En P2 se tomaron ocho muestras de suelo, cada 10 cm, y siete no disturbadas (Figs. 3, 4). Adicionalmente, se tomaron un total de 18 muestras de suelo en otros seis perfiles (tres por perfil, en horizontes A-AC-

C) para tener una noción de la susceptibilidad magnética del área en general de acuerdo a la posición geomorfológica (Fig. 1b). Tres de estos perfiles se ubican en sectores aledaños a P1 (uno de ellos no presenta material arqueológico) y otros tres se encuentran cercanos a P2 (uno de ellos no presenta material arqueológico). Vale destacar en este punto que el criterio de muestreo de los perfiles (cantidad y posición de las muestras) obedeció a una serie de objetivos de un proyecto arqueológico mayor. Éste no sólo busca estudiar procesos pedogenéticos (uno de los objetivos del presente trabajo), sino también comprender el escenario natural de las sucesivas ocupaciones humanas que habitaron este sector de la bahía durante Holoceno tardío (Ozán *et al.* 2014).

En los perfiles P1 y P2 se llevaron a cabo descripciones sedimentológicas macroscópicas basadas en el color (*Munsell Chart*, en seco), textura al tacto, estructura, presencia de moteados y tipo de límite entre horizontes (Birkeland 1999, Soil Survey Staff 2010). También se midió el pH con un instrumento manual (SANXIN modelo PHS-3D-02), a temperatura ambiente, poniendo en solución una porción de suelo y agua destilada (1:2,5).

La medición de susceptibilidad magnética se realizó con el susceptibilímetro AGI-

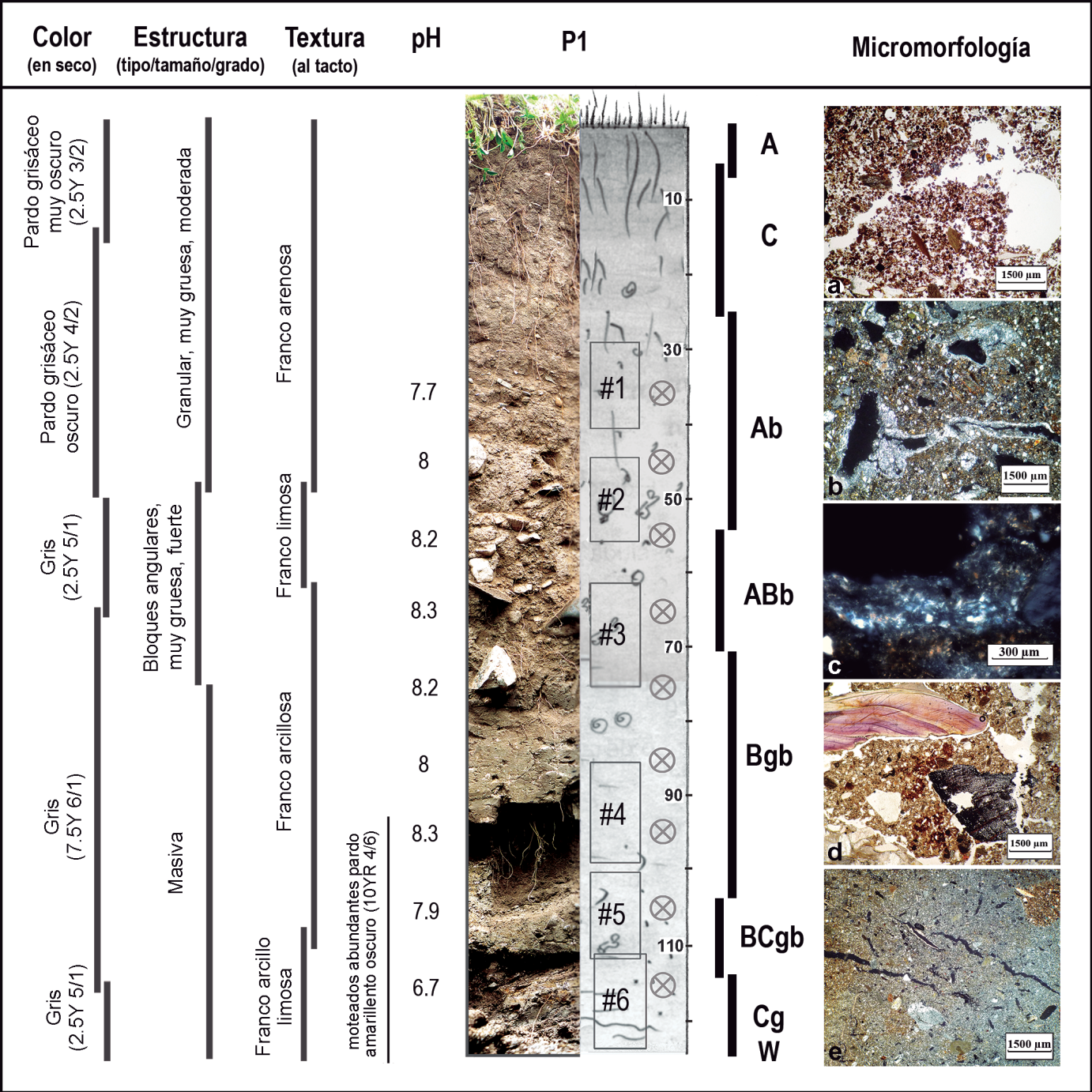


Figura 3: Fotografía y esquema del perfil P1 con la correspondiente interpretación de sus horizontes de suelo. Posición de las muestras micromorfológicas (rectángulos #1 a #6) y las muestras disturbadas de suelo (cruces). Descripción macroscópica del perfil (color, estructura, textura) y pH. Microfotografías (nota: PPL=sin analizador; XPL=con analizador). a) Canal / cámara, excrementos de mesofauna, poros de empaquetamiento compuestos, microestructura migajosa (horizonte Ab; #1, PPL); b) Hipo-revestimientos de pérdida de óxidos de hierro / manganeso, en cavidades y canales; fábrica de birrefringencia cristalítica y estriada (horizonte Bgb; #4, XPL); c) Detalle de los hipo-revestimientos de pérdida de hierro y manganeso de la microfotografía b (horizonte Bgb; #4, XPL); d) Fragmento de valva antropogénica, resto vegetal reemplazado por óxidos de hierro y manganeso, fisura con orientación vertical y matriz con tinciones e impregnaciones de óxidos de hierro / manganeso (horizonte BCgb; #5, PPL); e) Fisuras subhorizontales, partículas muy bien seleccionadas (arenas finas), matriz altamente reducida (Fe+2); fábrica de birrefringencia cristalítica (horizonte Cg; #6, XPL).

CO (*Advance Geoscience Instrument Company*) modelo MFK1-FA (en el Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires). Las muestras

fueron secadas a temperatura ambiente, molidas con mortero de ágata y medidas a ~4000 Hz (a 200 A/m, máxima amplitud del campo magnético). Los valores

fueron normalizados a la masa. Asimismo se midieron ciclos de histéresis y magnetización remanente isotérmica con campo inverso. Éstos se hicieron con el *Vibrating*

CUADRO 2: Síntesis de las características micromorfológicas principales de cada horizonte de suelo del perfil P1.

Micromorfología P1	
Ab	<p>Microestructura. Granular/migajosa. Porosidad: 25-35 %. Poros de empaquetamiento compuestos. Canales y cavidades.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 40/60. Distribución relacionada: porfirica abierta. Fábrica-b: indiferenciada (60 % humus y excrementos) con algunos sectores moteados.</p> <p>Fracción gruesa. Frecuente arena mediana, gruesa y grava redondeada/subredondeada. Arena fina subangular pobremente seleccionada. Materia orgánica: <10 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Ocasionales revestimientos de arcillas sucias. Excrementos, pasajes y rellenos por bioactividad.</p>
ABb	<p>Microestructura. Con cavidades. Porosidad: 25-30 %. Canales, cámaras y poros de empaquetamiento compuestos.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 40/60. Distribución relacionada: porfirica de espacio doble. Fábrica-b: moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Frecuente arena mediana, gruesa y grava subredondeada. Arena fina subangular pobremente seleccionada. Materia orgánica: <5 % mayormente reemplazada por óxidos de hierro y manganeso.</p> <p>Rasgos pedogenéticos. Ocasionales revestimientos de arcillas sucias sobre y alrededor de la fracción gruesa. Excrementos.</p>
Bgb	<p>Microestructura. Con canales y cavidades. Porosidad: 20-25 %.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 30/70. Distribución relacional: porfirica abierta. Fábrica-b: cristalítica y estriada.</p> <p>Fracción gruesa. Escasa arena mediana y arena gruesa; ocasional grava redondeada. Abundante arena fina subangular, moderadamente bien seleccionadas.</p> <p>Estratificaciones. Materia orgánica: 5-10 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes hipo-revestimientos por pérdida de óxidos de hierro y manganeso, en cámaras, cavidades, vesículas y canales de raíces. En algunos casos, se observa la precipitación in situ de calcita acicular creciendo al interior de los poros y restos vegetales reemplazados por óxidos de hierro y manganeso dentro de los espacios. Disolución de carbonatos, ocasionales excrementos, nódulos escasos, tinciones, precipitaciones, impregnaciones débiles y reemplazos de materia orgánica por óxidos de hierro y manganeso.</p>
BCgb	<p>Microestructura. Con cavidades. Porosidad: 20-25 %.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 40/60. Distribución relacionada: porfirica abierta. Fábrica-b: cristalítica y estriada.</p> <p>Fracción gruesa. Frecuente arena mediana, gruesa y grava subredondeada/redondeada. Abundante arena fina subangular bien seleccionadas. Materia orgánica: 5-15 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes tinciones, reemplazos de materia orgánica, impregnaciones débiles y nódulos de óxidos de hierro y manganeso. Ocasionales sectores con presencia de óxido de manganeso (dendrítico). Disolución de carbonatos. Ocasional presencia de excrementos de fauna de suelo.</p>
Cg	<p>Microestructura. Con canales. Porosidad: 10-15 %. Fisuras con orientación subvertical en la parte superior y subhorizontal en el centro y abajo. Cavidades.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). Mitad superior 35/65. Distribución relacionada: porfirica de espacio abierto. Fábrica-b: cristalítica y estriada.</p> <p>Fracción gruesa. Ocasional arena mediana, subredondeada. Abundante arena fina subangular de moderada (arriba) a muy bien seleccionada (abajo).</p> <p>Estratificaciones. Materia orgánica: 5-10 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes nódulos de óxidos de hierro y manganeso, tinciones y reemplazos que desaparecen en los últimos centímetros. Ocasional presencia de óxidos de manganeso. Frecuentes procesos de disolución de carbonatos.</p>

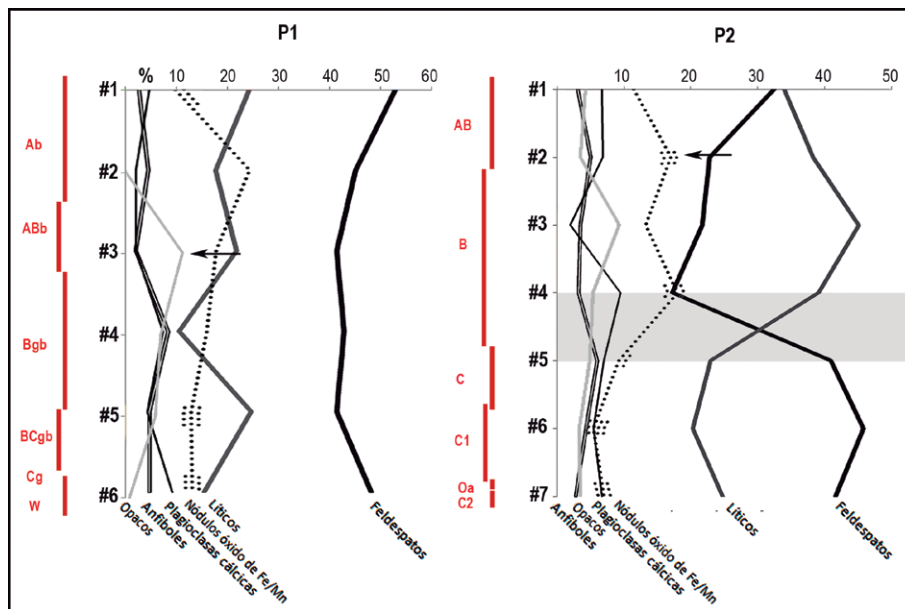


Figura 4: Distribución vertical de las frecuencias relativas de los principales minerales registrados en las láminas delgadas de los perfiles P1 y P2. Los “líticos” incluyen mayormente rocas metamórficas y volcánicas. Dentro de los minerales minoritarios se encuentran piroxenos, cuarzo, epidoto, glauconita, apatita, circón, yeso, microclino, biotita, muscovita, zeolita, carbonatos, sericita y clorita. Destaca en P2 la presencia de trizas volcánicas a lo largo de todo el perfil, con un pico destacado en la muestra #5. Como lo indican los valores de cuarzo vs. feldespato, ambos perfiles muestran una madurez mineralógica baja (Pettijohn 1993). El engrosamiento de la línea punteada correspondiente a la frecuencia de nódulos de óxidos de hierro / manganeso representa una estimación semi-cuantitativa de la abundancia de precipitaciones de estos minerales en forma de tinciones, pseudomorfs de materia orgánica e impregnaciones débiles de la masa basal.

Sample Magnetometer (VSM) Molspin Limited (en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica). Con las mediciones mencionadas se obtienen los siguientes parámetros magnéticos: magnetización de

saturación (Ms), magnetización remanente de saturación (Mrs), coercitividad (Hc) y coercitividad de la remanencia (Hcr). Los parámetros llamados extensivos X, Ms y Mrs son principalmente indicativos

de la cantidad de mineral magnético presente y en menor medida del tamaño de partícula y la naturaleza de los mismos. Los parámetros de coercitividad Hc y Hcr son representativos del tipo de mineral ya

sean de alta (antiferromagnéticos, hematita o goethita, entre otros) ó baja coercitividad (ferrimagnéticos, magnetita y titanomagnetita, entre otros). La coercitividad también es función del tamaño de partícula. Relaciones entre parámetros magnéticos (tales como X/M_s , H_{cr}/H_c , M_{rs}/M_s , entre otras) también son útiles para determinar variaciones del tamaño de partícula a lo largo de un perfil.

Las muestras micromorfológicas se tomaron sin modificar la estructura (prismas tallado en la pared del suelo de alrededor de 7x10 cm), fueron secadas a temperatura ambiente e impregnadas con resina polyester. Una vez fraguada la resina, se cortaron y montaron sobre un portaobjeto para ser pulidas hasta 25-30 μm (en el McBurney Geoarchaeological Laboratory, Division of Archaeology, University of Cambridge, Inglaterra) y analizarse con un microscopio petrográfico. Para la descripción e interpretación de las muestras se siguieron los métodos y criterios referidos por Bullock *et al.* (1985), Courty *et al.* (1989), Stoops (2003) y Stoops *et al.* (2010). A partir de los mismos cortes delgados procesados para el trabajo micromorfológico, se analizó la mineralogía de cada sección. Para su cuantificación, se tomaron cinco áreas (con lente de 10x) equidistantes a lo largo de cada corte. Se contabilizaron los grupos mineralógicos en cada uno de dichas áreas y se los promedió para tener un valor por muestra más representativo. El cómputo de oxihidróxidos de hierro como la hematita o goethita, observados como impregnaciones débiles o reemplazando materia orgánica, se estimó semi-cuantitativamente (abundante, frecuente, ocasional y escaso). Este mismo ejercicio se aplicó para la presencia de carbonatos, arcillas y sericita. La cuantificación de los componentes antropogénicos se realizó haciendo cinco transectas longitudinales en cada muestra (con lente de 4x).

RESULTADOS

Descripción macroscópica y micromorfología de suelos

En la figura 3 se describen las característi-

cas macroscópicas registradas en el campo y algunas microfotografías de las secciones delgadas de suelo que ilustran algunos aspectos claves para la determinación de los horizontes de perfil P1. En el cuadro 2 se detallan las características micromorfológicas más relevantes por horizonte y en la figura 4 la distribución vertical de la frecuencia de los principales minerales registrados en las secciones delgadas.

Por debajo del perfil de suelo actual pobremente desarrollado (A-C) que se observa macroscópicamente, se registra un horizonte altamente bioturbado (Fig. 3a), de color pardo grisáceo oscuro y estructura granular/migajosa. Estas características sugieren un horizonte A enterrado. Hacia abajo, con límites graduales, se observa un leve aumento de la frecuencia de revestimientos sobre partículas y poros, un cambio en la microestructura y en la fábrica de birrefringencia (Cuadro 2). Estos rasgos podrían indicar un horizonte transicional de tipo ABb. Macroscópicamente, los cambios en la coloración hacia tonalidades grisáceas, el registro de una estructura de bloques angulares y el aumento de partículas finas avalan esta interpretación.

El horizonte Bb de este perfil se caracteriza por abundantes hipo-revestimientos de pérdida de óxidos de hierro/manganeso, probablemente como consecuencia de la saturación temporal de los macro-poros (Fig. 3b y 3c). Es probable que esta reducción y migración de los óxidos de hierro sea promovida por la oscilación de la capa freática. Esta gleyzación continúa por debajo (BCgb) en combinación con abundantes nódulos e impregnaciones de oxihidróxidos (Fig. 3d) que se vuelven prácticamente ausentes en el contacto con la capa freática (Cg-W).

La caracterización mineralógica de este perfil (Fig. 4) no muestra cambios significativos o discontinuidades en el tipo y frecuencia de los minerales representados. El grupo de los feldespatos (en tamaños arena media/fina) es el más abundante, y tanto su forma predominantemente subangular como su selección sugieren una depositación eólica. Los líticos (segundo grupo más representado) muestra

formas más subredondeadas y tamaños algo más grandes (arena gruesa/grava) indicando una posible incorporación por arrastre coluvial desde la pendiente de la morena terminal (Fig. 1).

La figura 5, cuadro 3 y la mencionada figura 4 caracterizan el perfil de suelo de P2. A diferencia de P1, aquí la información disponible no indica la presencia de horizontes enterrados. Las observaciones macroscópicas son consistentes con las descripciones micromorfológicas que señalan un perfil de tipo A-AB-B hasta los aproximadamente 70 cm de profundidad (Cuadro 3), con la presencia de revestimientos de arcilla en poros y sobre partículas minerales (Fig. 5a y 5c). Se destaca en estos horizontes la frecuente/abundante presencia de óxidos de hierro/manganeso en forma de nódulos, reemplazos de materia orgánica, tinciones e impregnaciones débiles (Fig. 5b).

Como lo indica la figura 4, por debajo del horizonte B existe un cambio pronunciado en la frecuencia de ciertos componentes minerales. Los feldespatos (representados en arena fina subangular/angular, de probable origen cólico) presentan frecuencias más altas, mientras que los líticos muestran frecuencias sustancialmente más bajas que en los horizontes suprayacentes. Adicionalmente, en este horizonte interpretado como C, se observan porcentajes muy elevados de trizas volcánicas muy bien preservadas (Fig. 5d), lo que sugiere una depositación eólica y un rápido sepultamiento. Macroscópicamente se observa un claro cambio en la coloración, consistente con las descripciones microscópicas que registran una fuerte impregnación de oxihidróxidos en la masa basal. La disminución de la porosidad, los cambios texturales y la presencia de nódulos dendríticos de óxido de manganeso son otras propiedades que diferencian a este horizonte (Cuadro 3).

Se describe un horizonte C1 aproximadamente a los 100 cm de profundidad. Macroscópicamente se registra un cambio notable en la coloración del suelo, que va del pardo amarillento al pardo grisáceo. El pH desciende marcadamente. Microscópicamente, se observa un aumen-

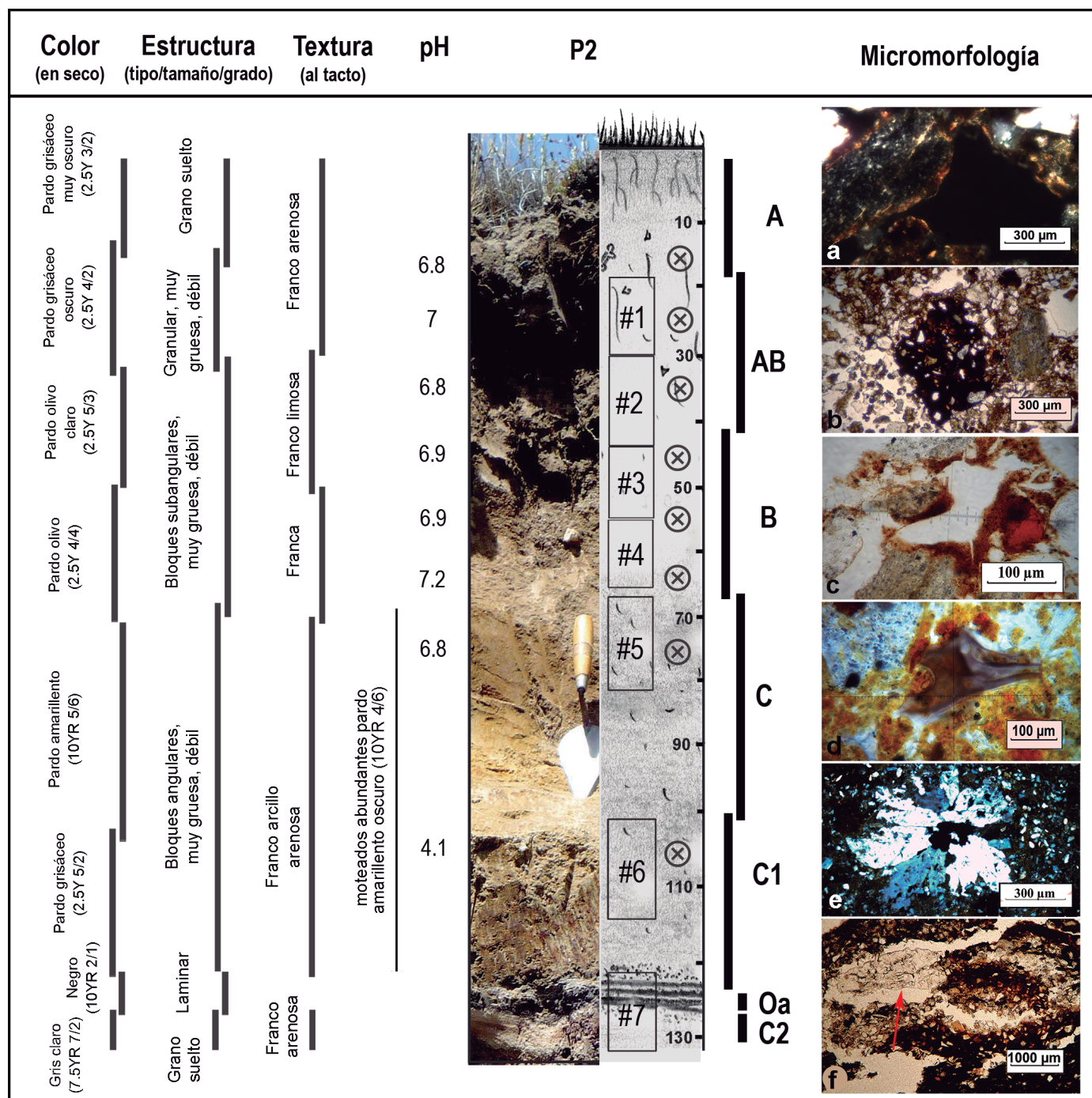


Figura 5: Fotografía y esquema del perfil P2 con la correspondiente interpretación de sus horizontes de suelo. Posición de las muestras micromorfológicas (rectángulos #1 a #7) y las muestras disturbadas de suelo (cruces). Descripción macroscópica del perfil (color, estructura, textura) y pH. Microfotografías (nota: PPL=sin analizador; XPL=con analizador). a) Revestimientos delgados de arcilla con extinción difusa, sobre partículas tamaño arena media, redondeadas (horizonte ABb; #2, XPL); b) Impregnación fuerte de óxidos de hierro (probablemente hematita) y manganeso; poros de empaquetamiento compuestos (horizonte ABb; #1, PPL); c) Revestimientos en poro de arcilla mezclada con material orgánico fino y óxidos de hierro (horizonte Bb; #3, PPL); d) Fragmento de triza volcánica (vidrio) en matriz con fuerte impregnación / tinción de óxidos de hierro (oxihidróxidos, probablemente goethita) (horizonte C; #5, PPL); e) Cristales lenticulares de yeso en cavidad; fábrica de birrefringencia estriada y arenas finas muy bien seleccionadas (horizonte C1; #6, XPL); f) Intercalación de arenas finas bien seleccionadas en depósito orgánico altamente degradado; cristal lenticular de yeso en poro aplanado (horizonte Oa; #6, PPL).

to de la porosidad, de la fracción de finos ($>50 \mu\text{m}$) y de los hipo y cuasi-revestimientos de óxido de hierro. La mineralogía indica que no existen grandes diferen-

cias respecto al horizonte C mencionado arriba, pero es de destacar que no se registran trizas volcánicas. La presencia de nódulos dendríticos de óxido de manga-

neso sugiere momentos de anegamiento, mientras que la presencia de cristales de yeso en poros (Fig. 5e) estaría indicando condiciones de desecación. En tanto la

CUADRO 3: Síntesis de las características micromorfológicas principales de cada horizonte de suelo de los perfiles P2

Micromorfología P2	
AB	<p>Microestructura. Con canales. Porosidad: 20-25 %. Poros de empaquetamiento compuestos, cavidades y vesículas.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 70/30 (aumentan los finos hacia abajo). Distribución relacionada: porfirica de espacio simple. Fábrica-b: moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Frecuente arena mediana y gruesa subredondeada/redondeada. Arena fina angular/subangular moderada/bien seleccionada. Presencia escasa de trizas volcánicas bien preservadas. Materia orgánica: <5 %, disminuye hacia abajo.</p> <p>Rasgos pedológicos. Ocasionales revestimientos de arcillas con material humificado sobre y alrededor de partículas minerales. Ocasionales revestimientos delgados de arcilla limpia. Escasos nódulos, tinciones, impregnaciones débiles y reemplazos de óxidos de hierro. Excrementos.</p>
B	<p>Microestructura. Con cavidades y canales. Porosidad: 20-30 % (disminuye hacia abajo).</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 20/80 (disminuyen los finos hacia abajo). Distribución relacionada: porfirica de espacio doble y quitónica. Fábrica-b: estriada y moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Abundante arena mediana y gruesa, subredondeada. Frecuente arena fina subangular moderadamente seleccionada. Presencia de trizas volcánicas bien preservadas. Materia orgánica: <5 % (casi ausencia de macrorestos).</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes revestimientos de arcilla mezclada con material orgánico humificado en poros y sobre partículas. Abundantes nódulos, tinciones e impregnaciones débiles de óxidos de hierro.</p>
C	<p>Microestructura. Con cavidades. Porosidad: 10-15 %. Vesículas y cámaras.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). Arriba: 60/40; abajo: 40/60. Distribución relacionada: porfirica de espacio simple. Fábrica-b: estriada y moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Abundante arena mediana y gruesa subredondeada/redondeada. Frecuente arena fina subangular/angular bien seleccionada. Muy abundante frecuencia de trizas volcánicas concentradas en la segunda mitad de la lámina, en buen estado de preservación. Materia orgánica: <5 % (casi ausencia).</p> <p>Rasgos pedológicos. Revestimientos frecuentes de arcilla límpida, en poros y sobre partículas. Abundantes nódulos, tinciones e impregnaciones débiles de óxidos de hierro que incrementan hacia abajo. Presencia de nódulos dendríticos de óxido de manganeso.</p>
C1	<p>Microestructura. Con canales y cavidades. Porosidad: 25-35% (disminuye hacia abajo). Cámaras y vesículas.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 35/65 (disminuyen los finos hacia abajo). Distribución relacionada: porfirica de espacio simple. Fábrica-b: estriada y moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Abundante arena fina subangular bien seleccionada. Materia orgánica: <5 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes hipo-revestimientos y cuasi-revestimientos de óxidos de hierro. Ocasionales poros revestidos de arcilla límpida mezcladas con óxidos de hierro. Intercalaciones de arcilla con fábrica-b estriada. Abundantes nódulos, tinciones, impregnaciones débiles y reemplazos de óxidos de hierro (máxima abundancia a lo largo de todo el perfil). Precipitaciones dendríticas de óxido de manganeso. Escasos cristales lenticulares de yeso en cavidades, algunos con rasgos de disolución.</p>
Oa	<p>Microestructura. Laminar. Porosidad: 35-40 %. Poros aplanados.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 30/70 y 70/30 en las interdigitaciones. Distribución relacionada: no aplica. Fábrica-b: cristalítica e indiferenciada.</p> <p>Fracción gruesa. Arena fina angular bien seleccionada. Presencia de fitolitos y trizas volcánicas. Materia orgánica: < 5 % (el material se encuentra casi totalmente degradado).</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes nódulos, tinciones, reemplazos e impregnaciones débiles de óxidos de hierro. Ocasional precipitación de óxido de manganeso. Ocasionales revestimientos de arcillas con material humificado. Yeso.</p>
C2	<p>Microestructura. Con cavidades y laminar hacia abajo. Porosidad: 20-25 %. Cámaras y vesículas.</p> <p>Masa basal y relación gruesos/finos (50 µm). 40/60. Distribución relacionada: porfirica abierta. Fábrica-b: cristalítica, estriada y moteada.</p> <p>Fracción gruesa. Arena media, gruesa y grava escasa, redondeadas. Arena fina angular moderadamente/bien seleccionada. Materia orgánica: <5 %.</p> <p>Rasgos pedológicos. Abundantes nódulos, tinciones, reemplazos e impregnaciones débiles de óxidos de hierro. Ocasional precipitación de óxido de manganeso.</p>

precipitación de este mineral se asocia a la evaporación progresiva del aguas ricas en sulfatos y cloruros, característica de cuerpos de agua someros (Poch *et al.* 2010). Por debajo de C1 se observa una capa orgánica con material altamente degradado (Oa), de unos ocho cm de espesor, probablemente asociado a un cuerpo de agua somero. Como ya fuera señalado, aproximadamente a 15 metros al sur del perfil P2, en otra unidad de excavación (Morello *et al.* 1998), esta capa orgánica se registró 24 cm más abajo y con un espesor mayor, de unos 15 cm. Estas características estarían indicando un cuerpo de agua en forma de cubeta, siendo la sección que aflora en perfil, una margen de dicho cuerpo.

Los cristales de yeso junto con otras partículas de arenas finas bien seleccionadas que se encuentran interdigitadas entre la materia orgánica podría indicar períodos de desecación de un cuerpo lacustre efímero, con alto contenido de sales, que se seca y se colmata de sedimentos eólicos (Mees 1999). Finalmente, por debajo de Oa se señala un horizonte C2, cuyas características distintivas respecto a C1 radican en la ausencia de hipo y cuasi-revestimientos de óxido de hierro. Macroscópicamente puede verse una coloración diferente probablemente asociada al cuerpo de agua suprayacente.

Propiedades magnéticas de los perfiles P1 y P2

En la figura 6 se representan dos ciclos de histéresis característicos representativos del comportamiento de las muestras analizadas. En el cuadro 4 y figura 7 se muestran los parámetros magnéticos obtenidos de los ciclos de histéresis, así como aquellos de magnetización remanente isotérmica y campo inverso de las muestras extraídas de los perfiles P1 y P2. De los valores de Hc y Hcr obtenidos surge que en general el mineral magnético dominante es magnetita y/o titanomagnetita; niveles del perfil P2 tienen otro mineral dominante. De la forma de las curvas surge, con un

CUADRO 4: Parámetros magnéticos de perfiles de suelo del sitio Marazzi 2.horizonte de suelo de los perfiles P2

Prof. (cm) y corresp. con lámina delgada	X(10 ⁻⁷)	Ms	Mrs	Hc	Hcr	Mrs / Ms	Hcr / Hc	X / Ms (10 ⁻⁵)	S
P1	13,6	0,019	0,002	11,560	26,469	0,095	2,290	7,04	0,87
30-40 (#1)	16,8	0,030	0,001	4,680	22,953	0,028	4,904	5,51	0,87
40-50 (#2)	18,2	0,061	0,005	2,865	16,327	0,079	5,699	2,99	0,4
50-60 (#2)	14,7	0,050	0,004	2,147	29,379	0,079	13,683	2,97	1
60-70 (#3)	6,8	0,020	0,001	7,795	26,830	0,049	3,442	3,48	1
73-80 (#3)	6,4	0,023	0,002	8,376	26,176	0,071	3,125	2,80	1
80-90 (#4)	5,8	0,018	0,001	7,047	27,038	0,072	3,837	3,14	0,87
90-100 (#4)	4,7	0,015	0,002	11,498	27,316	0,144	2,376	3,21	0,87
100-110 (#5)	1	0,005	0,003	138,709	27,680	0,600	0,200	2,02	0,87
110-120 (#6)									
P2									
10-15 (#1)	11,74	0,025	0,0005	5,947	24,330	0,019	4,091	4,63	0,87
20-30 (#1)	11,23	0,082	0,0003	2,595	332,639	0,004	128,167	1,36	0,87
30-40 (#2)	17,93	0,070	0,0005	2,035	147,836	0,007	72,635	2,54	0,87
40-50 (#3)	9,57	0,065	0,0008	2,203	23,689	0,012	10,754	1,47	1
50-60 (#3)	10,7	0,051	0,0005	1,305	39,907	0,010	30,587	2,09	0,9
60-70 (#4)	8,47	0,025	0,0011	6,030	26,100	0,043	4,328	3,40	0,91
73-80 (#5)	17,7	0,040	0,0053	3,267	41,638	0,134	12,744	4,47	0,87
105-114 (#6)	7,25	0,007	0,0037	24,817	27,340	0,520	1,102	10,1	0,87
<i>*Muestras comparativas de X(10⁻⁷) m³/kg</i>									
S2 / A 10-20 cm	0,7		S1 / 2A 30-40 cm	10,5		N1 / A 10-20 cm 6,1			
S2 / AC 20-30 cm	7,9		S1 / 2AC 40-50 cm	12,8		N1 / AC 20-30 cm			0,4
S2 / C 30-40 cm	3,5		S1 / 2C 50-60 cm	12,9		N1 / C 30-40 cm 2,6			
S4 / A 10-20 cm	6,5		S3 / 2A 20-30 cm	11,4		N13 / A 10-20 cm			1,3
S4 / AC 20-30 cm	3,8		S3 / 2AC 30-40 cm	12,2		N13 / AC 20-30 cm			1,4
S4 / C 30-40 cm	0,3		S3 / 2C 40-50 cm	1,3		N13 / C 30-40 cm			1,3

Detalle de los valores graficados correspondientes a: X- susceptibilidad magnética (a 1000 Hz; m³/kg), Ms- magnetización de saturación (Am²/kg), Mrs- magnetización remanente de saturación (Am²/kg), Hc- coercitividad (mT), Hcr- coercitividad de la remanencia (mT) y las relaciones con otras variables (Mrs / Ms, Hcr / Hc, X / Ms y S= Sratio /100HZ/). El número entre paréntesis (#1 a #7) es la muestra micromorfológica que se corresponde con el nivel de toma de muestras disturbadas (ver Fig.7). *Muestras comparativas en otras posiciones geomorfológicas (ver Fig. 1), tomadas en los horizontes correspondientes al perfil A-AC-C (ó Ab-Abb-C dependiendo el caso). Los perfiles denominados “N1” y “N13” no poseen registro arqueológico. “Prof.”= profundidad. “Corresp.”=correspondencia.

insinuado cinturón de avispa, que en la mayoría de ellas hay una presencia dominante de minerales de baja coercitividad (ferrimagnéticos) con una fracción subordinada de minerales de alta coercitividad (Fig. 6a). Las curvas representadas por la figura 6b son características de muestras en donde el mineral magnético dominante es de alta coercitividad.

El perfil P1 muestra un incremento de los parámetros magnéticos extensivos (vinculados a la concentración y/o tamaño de partícula magnética) en la sección superior del perfil. El aumento de la relación X/Ms estaría indicando un aumento del tamaño de partícula hacia el techo; en consecuencia el incremento de los parámetros extensivos debe atribuirse no solo a un aumento de tamaño de partícula sino también a un aumento de la concentración de minerales magnéticos. Se destaca que esta sección es la que posee impor-

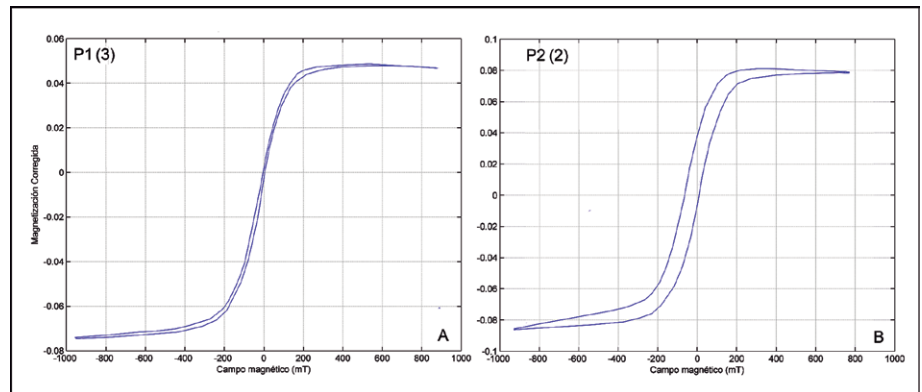


Figura 6: Ejemplos de ciclos de histéresis característicos de los perfiles de suelos realizados en este trabajo: a) P1 (50-60 cm); b) P2 (70-80 cm). Entre paréntesis se consigna el número de muestra correspondiente a la profundidad detallada (ver Cuadro 4).

tante contenido de material arqueológico (ver discusión). Las relación de parámetros S (Sratio IRM-300 mT/IRM-1000 mT; Fig. 7) indica que todas las muestras del perfil tienen una mineralogía dominante de baja coercitividad.

El perfil P2 exhibe oscilaciones de los parámetros extensivos de menor magnitud (X, Ms y Mrs), con la excepción de la muestra a los 70-80 cm de profundidad (Fig. 7). En efecto, su cercanía respecto a depósitos lacustres ubicados por deba-

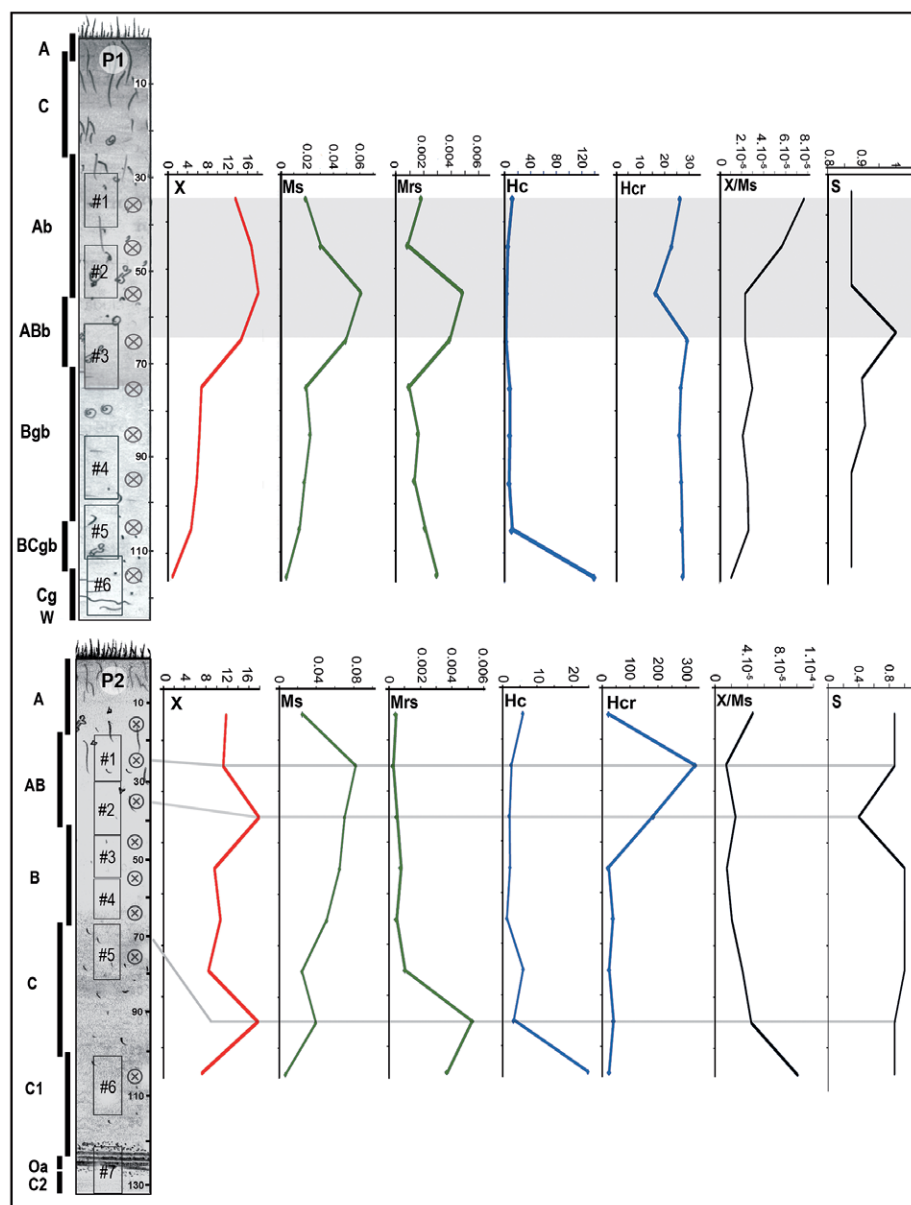


Figura 7: Perfil esquemático de P1 y P2 en los que se indican la posición de las muestras micromorfológicas (rectángulo) y de suelo (cruz). Los gráficos corresponden a los valores de susceptibilidad magnética (X), magnetización de saturación (Ms), magnetización remanente de saturación (Mrs), coercitividad (Hc), coercitividad de la remanencia (Hcr), la relación X/Ms y Sratio (S).

jo, podría tener un efecto sustantivo en la señal de esta muestra (Fig. 5, ver discusión). Por otra parte se destaca el marcado aumento de Hcr hacia los 30 cm de profundidad, no asociado a cambios de tamaño de partícula (variaciones de X/Ms); luego tal variación debe atribuirse exclusivamente a la presencia dominante de minerales de alta coercitividad (hematita y/o goethita). Este hecho también queda manifestado en los valores notablemente alejados de 1 en la relación S. Ello

se interpreta como la no saturación de la muestra en campos de 300 mT.

En la figura 8 se han representado las relaciones de parámetros de histéresis con el objeto de estimar el tamaño de partícula magnética (Dunlop 2002). Estas relaciones son significativas exclusivamente en los casos en que el mineral dominante sea ferrimagnético (magnetita y/o titanomagnetita pobre en Ti). De la figura se infiere que P1 posee partículas con dominio pseudo-simple, destacándose un pico de

partículas de dominio simple y superparamagnéticas. Por su lado, la relación de parámetros en P2 muestra partículas con dominio pseudo-simple y multidominio. Las muestras a 30-40, 40-50 y 50-60 cm de profundidad, cuya relación Hcr/Hc es superior a 100, evidencian presencia de dos minerales magnéticos de baja y alta coercitividad, muy probablemente magnetita y/o titanomagnetita, y hematita y/o goethita respectivamente (Fig. 8 y Cuadro 4). La muestra a 73-80 cm tiene relaciones de parámetros compatibles con presencia de magnetita superparamagnética.

DISCUSIÓN

Relación entre las características micromorfológicas de los suelos y sus propiedades magnéticas

En primera instancia debe mencionarse que la alteración de magnetita detrítica por pedogénesis es sugerida si hay precipitaciones pluviales moderadas a abundantes, destacada disponibilidad de materia orgánica, pH ácido y/o presencia de agua poral con sílice en solución (Orgeira *et al.* 2011). En los perfiles estudiados se destaca que los valores de pH obtenidos en todas las muestras colectadas (a excepción de la más profunda de P2) son neutros a alcalinos y el vidrio volcánico presente no está alterado (Fig. 5d). En consecuencia; puede inferirse que la mineralogía magnética detrítica ferrimagnética no debería estar sustancialmente alterada por procesos pedogenéticos. La excepción de pH ácido en la base de P2 podría asociarse a la delgada capa de materia orgánica (Oa) a los 120-125 cm de profundidad (Fig. 5).

En P1, la señal magnética más intensa se da entre los 30-70 cm de profundidad y se corresponde con los horizontes Ab y ABb. Como puede observarse en la figura 9, los valores más altos de susceptibilidad magnética entre 30-70 cm coinciden con la presencia de material antropogénico vinculado a la combustión, a saber, material óseo quemado (Fig. 9b), carbón y ceniza vegetal (Fig. 9a y 9c). Más aún, las partículas de dominio simple y superparamagnéticas registradas a los 60-70

cm de profundidad (Fig. 8, en el horizonte ABb) coinciden con la mayor abundancia de cenizas. Asimismo, en estos horizontes la frecuencia de nódulos de óxido de hierro y minerales opacos, parte de ellos atribuibles a magnetita, también muestra un pico (Fig. 4). Este aumento de opacos que coincide con un incremento en la señal magnética podría corresponder a magnetita antropogénica originada por combustión en los fogones (Dalan y Banerjee 1998; Marmet *et al.* 1999, Macphail y Crowther 2007). Por último, cabe agregar que los valores de susceptibilidad magnética de Ab y ABb en P1 son superiores a los registrados en tres perfiles de suelo actual (A-AC-C) ubicados en a unas decenas de metros de la unidad de excavación tratada aquí (Fig. 10).

A partir de toda la información presentada aquí, cabe preguntarse si el enriquecimiento de la señal magnética en P1 es antrópico o natural. Existen argumentos en ambas direcciones. A favor de una causalidad natural:

1- Coincidencia del pico de intensidad magnética con un horizonte de suelo Ab y el transicional ABb. Este hecho cumpliría parcialmente con la expectativa de enriquecimiento de la señal magnética en horizontes superficiales de suelos (Maher 1998, Maher *et al.* 2003, entre otros).

2- Oresencia de carbones y ceniza vegetal en la muestra #4 (Fig. 9; horizonte Bgb) sin un correspondiente aumento de la señal magnética. Esto estaría sugiriendo que la actividad humana representada por los mencionados componentes antropogénicos no habría modificado las propiedades magnéticas de los suelos.

Los argumentos que enfatizan la modificación humana de la señal magnética son: 1- Los valores de susceptibilidad magnética de los horizontes superficiales aledaños (Figs. 1, 10) no muestran un enriquecimiento de la señal magnética como los observados en los horizontes superficiales enterrados de P1.

2- Los rasgos de pérdida de óxidos de hierro observados en el horizonte Bgb, donde se encuentra la muestra #4 mencionada arriba (Figs. 3b,3c), señalan procesos que pueden enmascarar un posible enri-

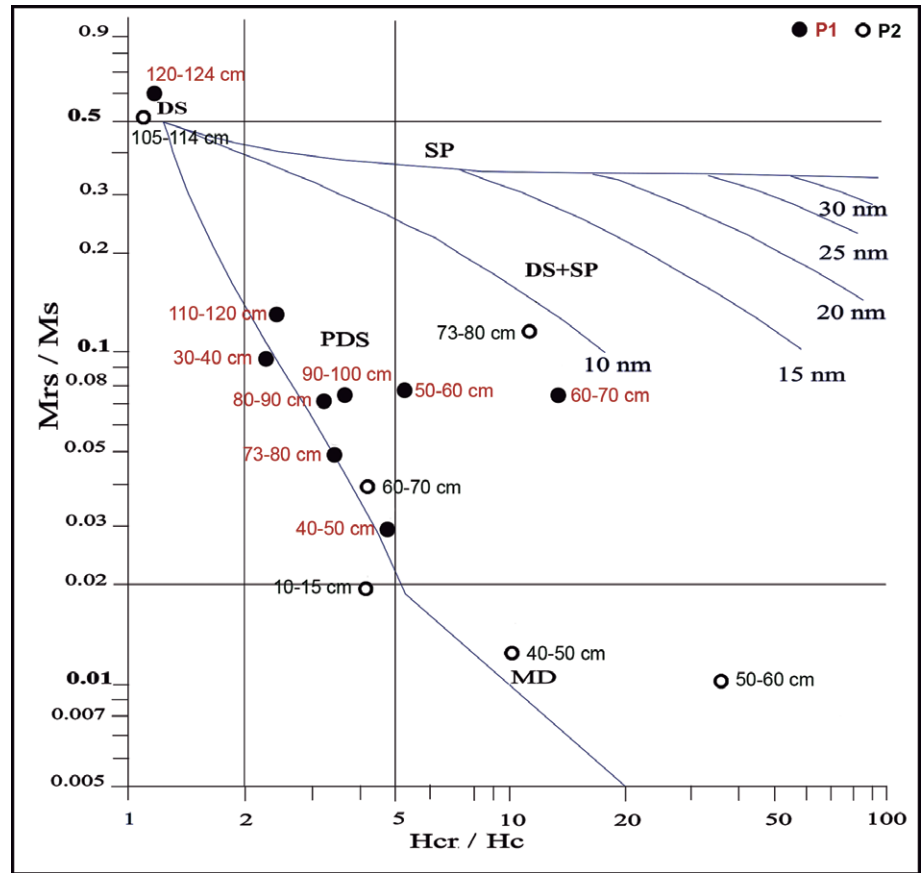


Figura 8: Relación de parámetros M_{rs} / M_s y H_{cr} / H_c a distintas profundidades de los perfiles P1 (círculos negros) y P2 (círculos blancos). DS= dominio simple; DPS = dominio pseudo-simple; SP= superparamagnéticas; MD= multi-dominio.

quecimiento antrópico de la señal magnética, puesto que ellos estarían meteorizando parte de la mineralogía magnética original.

Se cree que estos últimos argumentos tienen más peso en la explicación de las propiedades magnéticas del perfil P1 y, por tanto, es posible que las mismas estén total o parcialmente influenciadas por la conducta humana de las poblaciones cazadoras-recolectoras que habitaron este espacio.

El caso del perfil P2, el mismo presenta diferencias en los minerales magnéticos presentes. Se destacan los valores elevados de H_{cr} entre 20-40 cm de profundidad, compatibles con hematita finamente particulada (5-25 μm ; De Boer 1999). Esta hematita, también detectada por los estudios micromorfológicos (Fig. 4, Fig. 5b) podría incluso tener un origen antrópico. La excavación arqueológica aledaña a P2 (Morello *et al.* 1998) describe la pre-

sencia de “pigmento rojo” entre los 15 y 30 cm de profundidad, coincidiendo con el pico de H_{cr} . Vale destacar que el uso de pinturas corporales y sobre objetos entre las poblaciones Selk’nam del norte de la Isla se encuentra bien documentado desde la llegada de los primeros europeos (Fiore 2005). Este pico de H_{cr} (Muestra #2 del Perfil P2, Cuadro 4) también coincide con un ligero incremento de la magnetización de saturación, un descenso marcado de S_{ratio} , la presencia de un horizonte AB y la máxima abundancia (aunque mucho menor que en P1) de componentes antropogénicos registrados en las muestras micromorfológicas que incluyen carbón.

La muestra del perfil P2 ubicada a 73-80 cm de profundidad se destaca por sus valores relativamente altos en la señal magnética y su consistencia entre todos los parámetros (Fig. 7). Este aumento se relaciona con el incremento de concentra-

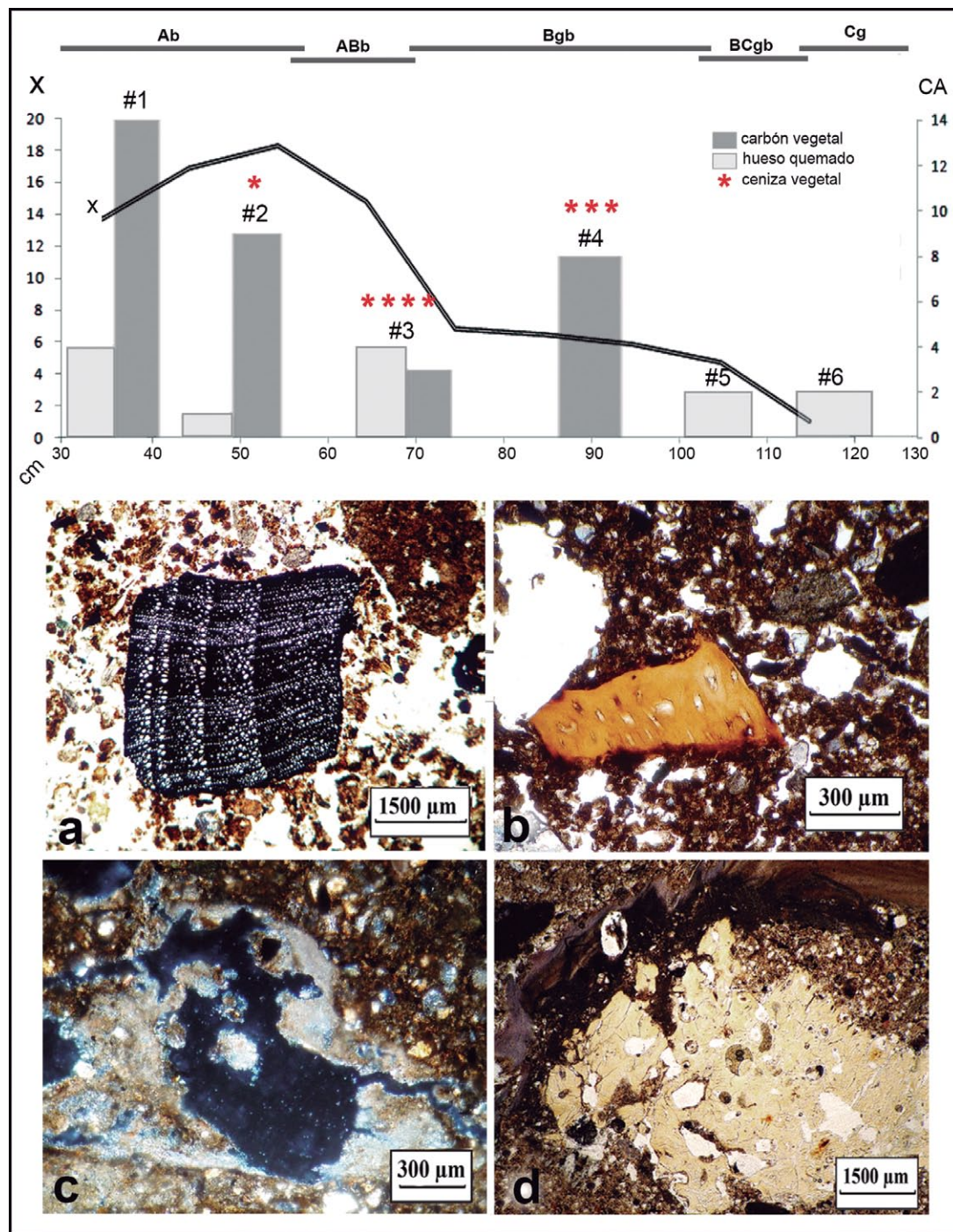


Figura 9: Frecuencia absoluta de componentes antropogénicos vinculados a actividades de combustión a lo largo del perfil P1. Cuantificación por lámina delgada. Valores de susceptibilidad magnética (X, eje principal, ver cuadro 4 y Fig. 7). Microfotografías: a) Fragmento subredondeado de carbón vegetal con buena preservación histológica (PPL, #1); b) Fragmento subangular de hueso quemado (PPL, #3); c) Ceniza vegetal recristalizada (calcítica; Canti 2003) (XPL, #3); d) Valva de molusco y hueso en un estadio avanzado de disolución (PPL, #6).

ción de minerales magnéticos (magnetita y/o titanomagnetita) contenidos en el depósito, asociados a vidrio volcánico (Fig. 5d). Más aún, según la relación de parámetros de histéresis establecida (Dunlop 2002) se puede inferir presencia de magnetita superparamagnética, posiblemente como inclusión en el vidrio volcánico. Asimismo, como lo muestra la figura 8, las relaciones de parámetros magnéti-

cos estarían también indicando la presencia de partículas de tipo dominio simple y superparamagnéticas. Esta muestra se corresponde con un horizonte C caracterizado por una abundante cantidad de vidrio volcánico de tipo básico, cuya buena preservación (trizas con formas angulares) sugiere una depositación eólica con rápido sepultamiento en un medio relativamente neutro.

CONCLUSIONES

A partir de la discusión planteada arriba, se desprende que:

1. La intensidad de las actividades humanas vinculadas a la combustión (cocción de alimentos, calefacción, etc.) por parte de las poblaciones del Holoceno tardío que ocuparon algunos sectores de las terrazas fluviales del río Torcido (norte de

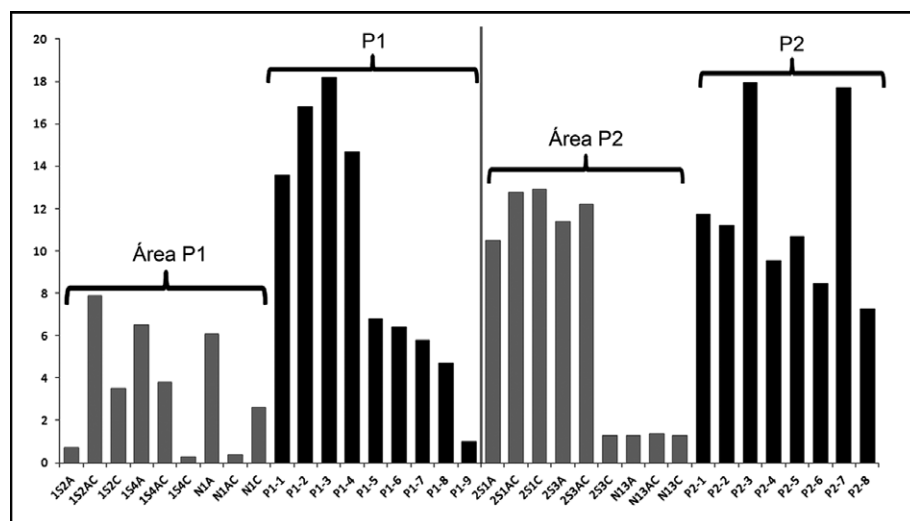


Figura 10: Comparación de susceptibilidad magnética de todos los perfiles estudiados (ver posición en Fig. 1 y valores en cuadro 4). P1-1, P1-2... P2-1, P2-2... representan las muestras disturbadas a lo largo de cada perfil (P1 y P2), donde "1" es la muestra más superficial.

Tierra del Fuego), modificaron las propiedades magnéticas naturales de los suelos (perfil P1).

2. La presencia de minerales magnéticos de alta coercitividad (alto Hcr, hematita) es atribuida a la utilización por parte de las poblaciones humanas de óxidos de hierro como sustancias colorantes, registrada en el perfil P2 en la excavación arqueológica y en las muestras micromorfológicas.

3. La técnica micromorfológica permitió la descripción y cuantificación de la composición y organización de los materiales así como la identificación de rasgos típicos de los procesos edáficos. Este método permitió detectar horizontes no reconocibles a nivel macroscópico y componentes antropogénicos no distinguibles a ojo desnudo, como las cenizas vegetales. Este hecho, junto con la descripción cuali-cuantitativa de la mineralogía de los depósitos (especialmente opacos, óxidos de hierro y vidrio) hace de la micromorfología de suelos una herramienta complementaria para la interpretación de las propiedades magnéticas naturales y antropogénicas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Charles French (University of Cambridge, Division of Ar-

chaeology, Inglaterra) y Flavia Morello (Universidad de Magallania, Chile) por hacer posible el trabajo de campo y, la preparación y estudio de las muestras micromorfológicas. A Manuel Arroyo-Kalin (Institute of Archaeology, University College of London) por facilitarnos sus anotaciones de campo. También agradecemos al Dr. Pablo Leal, la Dra. Rita Tófolo (Dpto. de Geología, Universidad de Buenos Aires), a la Dra. Ximena Villagrán (Universidade de São Paulo, Brasil, y Universitat de Tübingen, Alemania) y a los evaluadores del manuscrito, por su gran ayuda en la descripción mineralógica y micromorfológica. Finalmente a Tomás Luppo y Carlos A. Vásquez (IGEBA) por su colaboración en el proceso de medición de algunos parámetros magnéticos.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Arroyo-Kalin, M., Morello, F., French, C. y Cárdenas, P. 2007. Sedimentos y paleosuelos, una aproximación geoarqueológica a la evolución del paisaje fueguino durante el Holoceno. Reporte FONDECYT (inédito).

Barberena, R. y Borrero, L.A. 2010. Geoarqueología y distribuciones subsuperficiales de materiales arqueológicos en la localidad Cabo Vírgenes. En: Borrero, L.A. y Charlin, J. (eds.): Arqueología de Pali Aike y Cabo Virgenes (Santa Cruz, Argentina). Editorial Dun-

ken: 103-122, Buenos Aires.

Birkeland, P. W. 1999. Soils and Geomorphology. 3ra. Edición. Oxford University Press, 372 p., Oxford.

Borrero, L.A. 2008. Early occupations in the Southern Cone. En: Silverman, H. y Isbell, W (eds.): Handbook of South American Archaeology, Springer: 59-77, New York.

Brambati, A. 2000. Palaeoclimatic and palaeoenvironmental records in sediments from Southern Ocean (Strait of Magellan and Ross Sea). Terra Antarctica Reports 4: 1-41.

Bronk Ramsey, C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon 51: 337-360.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. y Tursina, T. 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research Publications, 150 p., Wolverhampton.

Canti, M. G. 2003. Aspect of the chemical and microscopic characteristic of plant ashes found in archaeological soils. Catena 54: 339-361.

Courty, M. A., Goldberg P. y Macphail, R. 1989. Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge University Press, 344 p., Cambridge.

Dalan, R. A. y Banerjee S. K. 1998. Solving Archaeological Problems Using Techniques of Soil Magnetism. Geoarchaeology 13: 3-36.

De Boer, C.B., 1999. Rock-Magnetic studies on the hematite, maghemite and combustion-metamorphic rocks. The quest to understand the "hidden attraction" of rocks. Geologica Ultraiectina – Mededelingen van de Faculteit Aardwetenschappen, Universitat Utrecht, No. 177. 456 p., Utrecht.

Dunlop, D.J. 2002. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments, and soils. Journal of Geophysical Research 107: 1-22.

Favier Dubois, C. 2007. Soil genesis related to medieval climatic fluctuations in southern Patagonia and Tierra del Fuego (Argentina): Chronological and paleoclimatic considerations. Quaternary International 162-163: 158-165.

Fiore, D. 2005. Pinturas corporales en el fin del mundo. Una introducción al arte visual Selk'nam y Yámana. Chungara 37: 109-127

Frederiksen, P. 1988. Soils of Tierra del Fuego, a Satellite-based Land Survey Approach. Folia Geographica Danica 18: 1-159.

Macphail, R.I, Crowther, J. 2007. Soil micromorphology, chemistry and magnetic susceptibi-

- lity studies at Huizui (Yiluo region, Henan Province, northern China), with special focus on a typical Yangshao floor sequence. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27: 93-113.
- Maher, B. 1998. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications. *Palaeogeography Palaeoclimatology and Palaeoecology* 137: 25-54.
- Maher, B.A., A. Alekseev y T. Alekseeva. 2003. Magnetic mineralogy of soils across the Russian Steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 201: 321-341.
- Marmet, E., Bina, M., Fedoroff, N. y Tabbagh, A. 1999. Relationships between Human Activity and the Magnetic Properties of Soils: A Case Study in the Medieval Site of Roissy-en-France. *Archaeological Prospection* 6: 161-170.
- Massone, M. 2004. Los cazadores después del hielo. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, 183 p., Santiago.
- Massone, M., Morello, F., Prieto, A., San Román, M., Martín, F. y Cárdenas, P. 2003. Sitios arqueológicos, restos de cetáceos y territorios locales Selk'nam en Bahía Inútil, Tierra del Fuego. *Magallania* 31: 45-59.
- Massone, M., Calás, E., Labarca, R. y Sierpe, V. 2007. Excavación de la cuadrícula nº 3 en el sitio Marazzi 2, desembocadura del río Torcido, Tierra del Fuego. Informe FONDECYT (inédito) Chile.
- McCulloch, R.D. y Bentley, M.J. 1998. Late glacial ice advances in the Strait of Magellan, southern Chile. *Quaternary Science Reviews* 17: 775-787.
- McCulloch, R.D. y Davies, S.J. 2001. Late-glacial and Holocene paleoenvironmental change in the central Strait of Magellan, southern Patagonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 173: 143-173.
- McCulloch, R.D., Fogwill, C.J., Sugden, D.E., Bentley, M.J. y Kubik, P.W. 2005a. Chronology of the Last Glaciation in central Strait of Magellan and Bahía Inútil. *Geografiska Annaler* 87: 289-312.
- McCulloch, R.D., M.J. Bentley, R.M. Tipping y C.M. Clapperton. 2005b. Evidence for late-glacial ice dammed lakes in the central Strait of Magellan, southern Chile. *Geografiska Annaler* 87: 335-362.
- Mees, F. 1999. Distribution patterns of gypsum and kalistrontite in a dry lake basin of the southwestern Kalahari (Omongwa pan, Namibia). *Earth Surface Processes and Landforms* 24: 731-744.
- Morello, F., San Román, M., Seguel, R. y Martín, F. 1998. Excavación en el sitio Marazzi 2. Sector 2 – terraza superior (Río Torcido, Bahía Inútil). Primer avance. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Cs. Humanas* 26: 119-126.
- Morello, F., San Román, M. y Prieto, A. 2004. Informe de actividades de sondeo en el sitio Marazzi 2 sector 1 (río Torcido, Tierra del Fuego). *Magallania* 32: 233-238.
- Morello, F., Borrero, L.A., Torres, J., Massone, M., Arroyo, M., McCulloch, R., Calás, E., Lucero, M., Martínez, I. y Bahmondes, G. 2009. Evaluando el registro arqueológico de Tierra del Fuego durante el Holoceno temprano y medio: lo positivo de los balances negativos. En: Salemm, M. y Santiago, F. (eds.), *Arqueología de Patagonia: Una mirada desde el último confín*. Editorial Utopías: 1031-1048, Ushuaia.
- Morello, F., Borrero, L.A., Massone, M., Stern, C., García-Herbst, A., McCulloch, R., Arroyo-Kalin, M., Calás, E., Torres, J., Prieto, A., Martínez, I., Bahamonde, G., y Cárdenas, P. 2012. Hunter-gatherers, biogeographic barriers and the development of human settlement in Tierra del Fuego. *Antiquity* 86: 71-87.
- Orgeira, M.J., Favier Doboys, C.M., Walther, A.M., y Vásquez, C.A. 2000. Magnetismo ambiental en sedimentos holocenos tardíos de bahía San Sebastián (Tierra del Fuego): impacto climático y/o ¿señal antrópica? *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales* 4: 71-79.
- Orgeira, M.J., Egli, R. y Compagnucci, R. 2011. A Quantitative model of magnetic Enhancement in loessic soils. En *Earth's magnetic Interior, IAGA special Sopron Book series Vol 1*: 361-397, Netherlands.
- Ozán, I.L., French, C., Morello, F., Vásquez, C.A. y Luppó, T. 2014. Coastal occupations in Tierra del Fuego, southernmost South America: a geoarchaeological study of a Late Holocene hunter-gatherer context at Marazzi 2. En prensa.
- Pettijohn, F.J. 1983. *Sedimentary Rocks*. Harpercollins, 628 p., New York.
- Poch, R., Artieda, O., Herrero, J. y Lebedeva-Verba, M. 2010. Gypsic Features. En: Stoops, G., Marcelino V. y Mees F. (eds.), *Interpretation of Micromorphological features of soil and regoliths*, Elsevier: 195-216, Amsterdam.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA- Natural Resources Conservation Service: 346 p., Washington, DC.
- Stein, J.K. 1992. *Sediment Analysis of the British Camp Shell Midden*. En Stein, J. (ed.), *Deciphering a Shell Midden*. Academic Press Inc: 135-162, California.
- Stern, C. 2007. Holocene tephrochronology record of large explosive eruptions in the southernmost Patagonian Andes. *Bulletin of Volcanology* 70: 435-454.
- Stoops, G. 2003. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*, first ed. Soil Science Society of America Inc.: 720 p., Madison.
- Stoops, G., Marcelino, V. y Mees, F. 2010. *Interpretation of Micromorphological features of soil and regoliths*. Elsevier: 184 p., Amsterdam.

Recibido: 2 de julio, 2014
Aceptado: 10 de enero, 2015